



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 43 41 295 C 2

51 Int. Cl.⁶:
H 01 Q 3/26
G 01 R 29/10
G 01 S 3/06
G 01 S 3/28

21 Aktenzeichen: P 43 41 295.5-35
22 Anmeldetag: 3. 12. 93
43 Offenlegungstag: 8. 6. 95
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 6. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

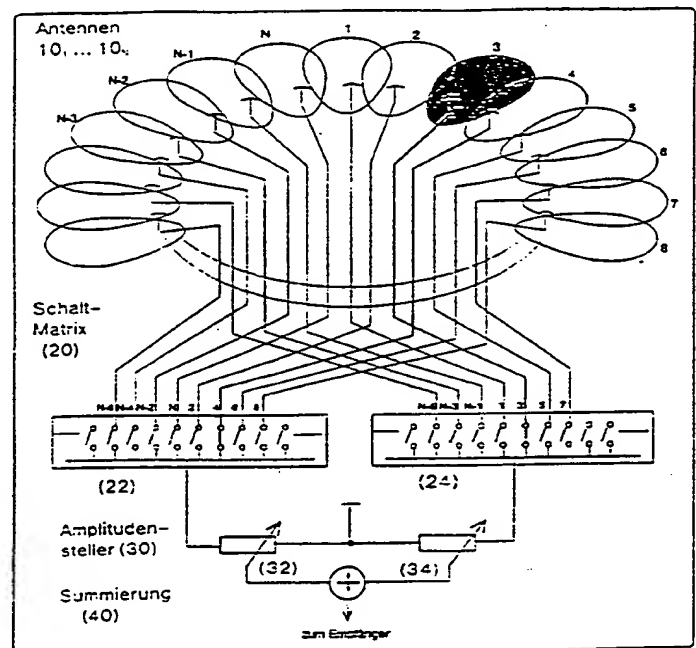
73 Patentinhaber:
C. Plath GmbH Nautisch-Elektronische Technik,
20097 Hamburg, DE
74 Vertreter:
Vossius & Partner GbR, 81675 München

72 Erfinder:
Kosel, Georg, Dr.-Ing., 53474 Bad
Neuenahr-Ahrweiler, DE; Schmitz, Ewald, Dipl.-Ing.
(FH), 56626 Andernach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
GB 22 19 471 A
DE-Z.: UHLMANN, H.: Möglichkeiten der Spei-
sung für phasengesteuerte Zylinder-Strahler-
gruppen, In: NTZ 28 (1975) H.9, S.299-305;

54 Vorrichtung und Verfahren zur elektronischen Strahlschwenkung mit mehreren bündelnden Antennen

57 Vorrichtung zur elektronischen Strahlschwenkung mit mehreren bündelnden Antennen (10₁, 10₂, ... 10_N), mit
a) einer Schaltmatrix-Anordnung (20), der die Signale aller Antennen (10₁, 10₂, ... 10_N) zugeführt werden und die mindestens jeweils die Signale von zwei benachbarten Antennen durchschaltet, gekennzeichnet durch
b) eine Amplitudengewichtungseinrichtung (30), die die Amplituden der durchgeschalteten Antennensignale entsprechend einer gewünschten Strahlschwenkung quasi kontinuierlich gewichtet, und
c) eine Summiereinrichtung (40), die die gewichteten Antennensignale summiert und einem Peilempfänger zuführt.



DE 43 41 295 C 2

DE 43 41 295 C 2

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur elektronischen Strahlschwenkung bei Antennengruppen. Dabei kann es sich sowohl um über Richtstrahlnetzwerke zusammengefaßte Einzelantennen handeln als auch um Gruppen bündelnder Einzelantennen, wie z. B. LP-, Yagi- oder Horn-Antennen. Falls es sich um Einzelantennen mit Rundcharakteristik handelt, werden diese vorzugsweise kreisförmig angeordnet sein. Bei Antennen mit Richtcharakteristik sind sowohl linear als auch nichtlinear angeordnete Gruppen denkbar. Der Anschaulichkeit halber wird das Verfahren anhand einer Kreisgruppe aus Einzelantennen beschrieben.

Es ist bekannt, daß bei Kreisgruppenantennen für den HF-, VHF- und UHF-Bereich für die Peilung mechanische, rotierende Goniometer verwendet werden. Dabei steht auf dem Stator für jede Antenne je ein Anschluß zur Verfügung. Auf dem Rotor wird in einem oder mehreren Richtstrahlnetzwerken eine Anzahl von benachbarten Antennenspannungen kapazitiv ausgekoppelt und zusammengefaßt, d. h. die Spannungen werden addiert und die durch die kreisförmige Anordnung entstehenden Laufzeitdifferenzen durch Laufzeitglieder ausgeglichen. Die Ausgangsspannung des Richtstrahlnetzwerkes wird über Schleifringe ausgekoppelt und in einem Peilempfänger mit Sichtrohr angezeigt.

Es entsteht eine rotierende Antennenkeule, die in Verbindung mit einem Referenzsignal zur Richtungsbestimmung benutzt wird. Aufgrund seiner mechanischen Trägheit rotiert das Goniometer i. a. mit konstanter Umdrehungszahl, z. B. 10 U/sec. Drehzahländerungen sind nur bedingt, verzugslose Richtungsänderungen der Keule gar nicht möglich.

Ein ganz wesentlicher Nachteil derartiger Goniometer besteht unter anderem auch darin, daß die technische Realisierung für Frequenzen oberhalb ca. 200 MHz zunehmend problematischer wird.

Diese Nachteile können durch elektronische Goniometer vermieden werden.

Hierfür sind zwei Lösungsansätze bekannt. Bei der analogen Version wird das mechanische Goniometer durch elektronische Bauteile nachgebildet. Nachteilig ist der große Aufwand an elektronischen Bauteilen und die damit verbundene Ausfallwahrscheinlichkeit.

Bei der digitalen Lösung wird die Frequenz der Ausgangsspannung jeder Antenne in einem Vorverstärker/Mischer auf eine geeignete Zwischenfrequenz herabgesetzt und diese ZF-Spannung in einem A/D-Wandler digitalisiert. Die Richtungsbestimmung erfolgt per Software in einem geeigneten Rechenwerk. Der Nachteil der letztgenannten Lösung besteht ebenfalls in dem hohen Aufwand, da mindestens jedem Einzelrichtstrahl (Keule) ein eigener Empfangskanal mit den in der Peiltechnik allgemein bekannten strengen Forderungen an Amplituden- und Phasengleichlauf zugeordnet werden muß.

In GB-A-2 219 4761 wird vorgeschlagen, die mechanische Drehung der Antenne durch eine elektronische zu ersetzen, um auf diese Weise eine leichtere, mehr kompakte Konstruktion und dennoch mit adäquater Azimuthauflösung zu erhalten. Dabei wird der (Such-)Strahl durch Weichschalten von Strahl zu Strahl erreicht, was zwangsweise zu modulatorischen Effekten führt. Bei dieser Ausführung sind Phasenschiebernetzwerke erforderlich die nicht nur aufwendig sondern auch frequenzabhängig sind.

In einer Veröffentlichung von M Uhlmann "Möglichkeiten der Speisung für phasengesteuerte Zylinder-Strahlergruppen", NTZ 28 (1975) H9 S. 299-305 werden mehrere Möglichkeiten zur Strahlschwenkung derartiger Antennenanlagen aufgezeigt. Dabei wird durch ein Schalternetzwerk

ein stufenweises Weiterreichen der erregten Zone und damit ein Grobschwenken der Strahlungskeule erreicht. Die feine Strahlschwenkung wird durch zusätzliche Phasenschieber vorgenommen, wobei ebensoviele Phasenschieber wie Antennen erforderlich sind.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, eine Vorrichtung zur elektronischen Strahlschwenkung zur Verfügung zu stellen, die auf der HF/VHF/UHF-Ebene arbeitet, die vorher genannten Nachteile nicht aufweist und eine verzugslose Richtungsänderung des Richtstrahls ermöglicht, praktisch frequenzunabhängig in Frequenzbereichen von MHz bis GHz eingesetzt werden kann und darüber hinaus eine Anpassung an die Einzelrichtdiagramme gestattet.

Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird aus jeweils mehreren benachbarten Antennen z. B. einer Antennengruppe in bekannter Weise mittels eines Netzwerkes ein Richtstrahl gebildet. Durch Einsatz von Leistungsteilern kann jede Einzelantenne an mehreren Richtstrahlen (Keulen) beteiligt sein. Dadurch können bei einer Antennengruppe, vorzugsweise einer Kreisgruppe, N Richtstrahlen erzeugt werden, wobei N vorzugsweise eine gerade Zahl ist (Fig. 1). In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich dabei um eine Gruppe von N bündelnden Einzelantennen. Diese Richtstrahlen werden von 1 bis N durchnummeriert und die Ausgangsspannungen der Richtstrahlnetzwerke an eine Schaltmatrix-Anordnung mit zwei Schaltmatrizen mit je N/2 Eingängen und einem Ausgang, getrennt nach geradzahlig und ungeradzahlig Keulen, angeschlossen, so daß die Signale benachbarter Keulen nicht an die gleiche Schaltmatrix angeschlossen sind. Die Ausgangsspannungen der beiden Schaltmatrizen mit je N/2 Schaltern werden über Dämpfungsglieder geführt, addiert und in einem Peilempfänger weiter verarbeitet. Sowohl die Schalter als auch die Dämpfungsglieder sind elektronische Bauteile und entsprechend gesteuert.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 das Schaltbild einer erfindungsgemäßen Ausführungsform bei einer Antennenkreisgruppe,

Fig. 2a-2d die Bewegung eines Richtstrahls in der Antennenkreisgruppe gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 mit der erfindungsgemäßen Ausführungsform ermittelte Richtdiagramme.

Die Funktionen der erfindungsgemäßen Vorrichtung können im einzelnen anhand von Fig. 1 erläutert werden. Von N vorhandenen Antennenkeulen sind die geradzahlig an die linke Schaltmatrix 22 und die ungeradzahlig an die rechte Schaltmatrix 24 angeschlossen. In der Darstellung sind die Keulen 3 und 4 aktiv, d. h. die zugehörigen Schalter werden geschlossen und die resultierende Keule soll im Uhrzeigersinn geschwenkt werden. Zu Beginn dieses Vorganges stehen die Regler der Dämpfungsglieder (zur Veranschaulichung schematisch dargestellt) am rechten Anschlag, so daß von Keule 3 die maximale und von Keule 4 keine Spannung auf die Additionsstufe gelangt.

Mit der gewünschten Umlaufgeschwindigkeit werden nun die Regler vom rechten zum linken Anschlag bewegt (Fig. 2a-c), so daß in der Mittelstellung von beiden Keulen (Fig. 2b) gleich große Spannungsanteile addiert werden und am linken Anschlag die Spannung von Nr. 4 maximal und Nr. 3 gleich Null (Fig. 2c) ist.

Zu diesem Zeitpunkt wird Schalter 3 geöffnet und Schalter 5 geschlossen (Fig. 2d), und der gleiche Vorgang wiederholt sich für Keule 4 und 5, nach dessen Abschluß Schalter 4 geöffnet und Schalter 6 geschlossen wird usw.

Gleichzeitig bedeutet das, daß zwischen zwei aufeinander

derfolgenden Schaltvorgängen der Richtstrahl im Azimut kontinuierlich von Stellung α_1 nach α_2 geschwenkt wurde (Fig. 3). In dieser Darstellung sind die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren berechneten Richtdiagramme einer Antennenkreisgruppe dargestellt. Jede Keule entsteht durch Zusammenfassung von 12 Einzelstrahlern, der Winkel zwischen zwei benachbarten Keulen ist 10° . Die Diagramme wurden für eine Frequenz von 3,5 MHz berechnet, die Elevation ist 50° . Um in der Phase des Übergangs von α_1 nach α_2 eine genaue Richtungsbestimmung durchführen zu können, ist die Kenntnis des frequenzabhängigen Antennendiagramms erforderlich. Ebenso darf, um ein optimales Summendiagramm zu erhalten, die Änderung der Dämpfung in den beiden Gliedern nicht proportional, sondern muß in Abhängigkeit von dem bekannten Einzelrichtdiagramm erfolgen. Der gleiche Vorgang kann natürlich auch entgegen dem Uhrzeigersinn ablaufen, ebenso ist ein verzugsloses Springen in beliebige Azimutpositionen möglich. Grundsätzlich ist die Umlaufgeschwindigkeit nur durch den maximal möglichen Takt der Steuerelektronik begrenzt, tatsächlich wird die Obergrenze jedoch durch die Bandbreite, d. h. die Einschwingzeit des Peilempfängers vorgegeben. Ebenfalls ist in Abhängigkeit von Umlaufgeschwindigkeit und Laufzeit, um "Schleppfehler" zu vermeiden, im Empfänger eine Korrektur des Peilwertes durchzuführen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch zweifach angeordnet werden. Dann werden gleichzeitig zwei sich überlappende schwenkbare Richtdiagramme aufgenommen und als Differenzschaltung dem Empfänger zugeführt. Die Vorrichtung kann auch zwei separate Empfangskanäle aufweisen, wobei die Differenzbildung der Richtdiagramme erst am Empfängeranfang erfolgt.

Die Erfindung sieht ausdrücklich auch die Möglichkeit vor, in der Art eines Monopulsverfahrens lediglich einen beliebig vorgebbaren Teilsektor zu überwachen, wobei unter Berücksichtigung der jeweiligen Richtdiagrammform(en) zur Verbesserung der Peilschärfe und/oder zur Erzielung einer gewünschten Azimutabhängigkeit die Einstellung der Dämpfungsglieder über die sonst angewandte Gewichtung eine zusätzlich überlagerte Gewichtung vorgenommen wird.

Erfindungsgemäß wird für die Vorrichtung eine gerade Anzahl von Richtstrahlen empfohlen. Selbstverständlich könnte vom Prinzip her auch von einer ungeraden Zahl von Richtstrahlen ausgegangen werden, wobei sich allerdings dann der Aufwand vergrößert.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur elektronischen Strahlschwenkung mit mehreren bündelnden Antennen ($10_1, 10_2, \dots, 10_N$), mit

a) einer Schaltmatrix-Anordnung (20), der die Signale aller Antennen ($10_1, 10_2, \dots, 10_N$) zugeführt werden und die mindestens jeweils die Signale von zwei benachbarten Antennen durchschaltet,

gekennzeichnet durch

b) eine Amplitudengewichtungseinrichtung (30), die die Amplituden der durchgeschalteten Antennensignale entsprechend einer gewünschten Strahlschwenkung quasi kontinuierlich gewichtet, und

c) eine Summiereinrichtung (40), die die gewichteten Antennensignale summiert und einem Peilempfänger zuführt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltmatrix-Anordnung (20) zwei Schaltmatrizen (22, 24) aufweist, die jeweils $N/2$ Eingänge und einen Ausgang aufweisen und getrennt mit

geradzahlig ($10_2, 10_4, \dots$) bzw. ungeradzahlig ($10_1, 10_3, \dots$) Antennen verbunden sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitudengewichtungseinrichtung (30) mindestens zwei Amplitudensteller (32, 34) aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgenannte Vorrichtung zweimal vorhanden ist, so daß gleichzeitig zwei sich überlappende, schwenkbare Richtdiagramme gebildet werden, deren Signale in Differenz geschaltet dem Empfänger zugeführt werden.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwei separate Empfangskanäle vorgesehen werden, und die Differenzbildung der Signale erst am Empfängeranfang vorgenommen wird.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für eine über mehrere Einzelrichtstrahlen hinausgehende, insbesondere den gesamten Azimutbereich überstreichende Strahlschwenkung, die Antennenweitschaltung in der jeweiligen Schaltmatrix (20) ohne Rückstellung der zugehörigen Amplitudensteller (32, 34), sondern durch einfachen Rücklauf, also durch Umkehr der Laufrichtung der Amplitudensteller (32, 34) ohne sprunghafte Rückstellung quasi kontinuierlich erfolgt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2, 3 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitudengewichtung derart schwenkwinkelbezogen nichtlinear vorgenommen wird, daß eine aufgrund der Form der Einzelrichtdiagramme auftretende Mißweisung bezüglich des Peilwinkels linearisiert wird.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkung des Gesamtrichtdiagramms im Stil eines Monopulsverfahrens lediglich über einen Teilsektor des Gesamtazimuts vorgenommen wird.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Einstellung der Amplitudensteller (32, 34) die vorgegebene Amplitudengewichtung (Dämpfung) mit einer weiteren Gewichtung überlagert wird.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Schaltmatrix gleichzeitig die Signale von mehreren Antennenpaaren durchgeschaltet werden.

11. Verfahren zur elektronischen Strahlschwenkung mit mehreren bündelnden Antennen ($10_1, 10_2, \dots, 10_N$), mit den Schritten:

a) Zuführen von Signalen aller Antennen ($10_1, 10_2, \dots, 10_N$) zu einer Schaltmatrix-Anordnung (20) und Durchschalten von mindestens jeweils der Signale von zwei benachbarten Antennen,

gekennzeichnet durch

b) quasi kontinuierlich Wichten der Amplituden der durchgeschalteten Antennensignale entsprechend einer gewünschten Strahlschwenkung mittels einer Amplitudengewichtungseinrichtung (30) und

c) Summieren der gewichteten Antennensignale mittels einer Summiereinrichtung (40), Zuführen des Summensignals an einen Peilempfänger.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig zwei sich überlappende, schwenkbare Richtdiagramme gebildet werden, deren Signale in Differenz geschaltet dem Empfänger zugeführt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitudengewichtung derart schwenkwinkelbezogen nichtlinear vorgenommen wird, daß eine aufgrund der Form der Einzelrichtdiagramme auftretende Mißweisung bezüglich des Peilwinkels linearisiert wird. 5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkung des Gesamttrichtdiagramms im Stil eines Monopulsverfahrens lediglich über einen Teilsektor des Gesamtazimuts vorgenommen wird. 10

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Einstellung der Amplitudensteller (32, 34) die vorgegebene Amplitudengewichtung (Dämpfung) mit einer weiteren Gewichtung überlagert wird. 15

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß in der Schaltmatrix gleichzeitig die Signale von mehreren Antennenpaaren durchgeschaltet werden. 20

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

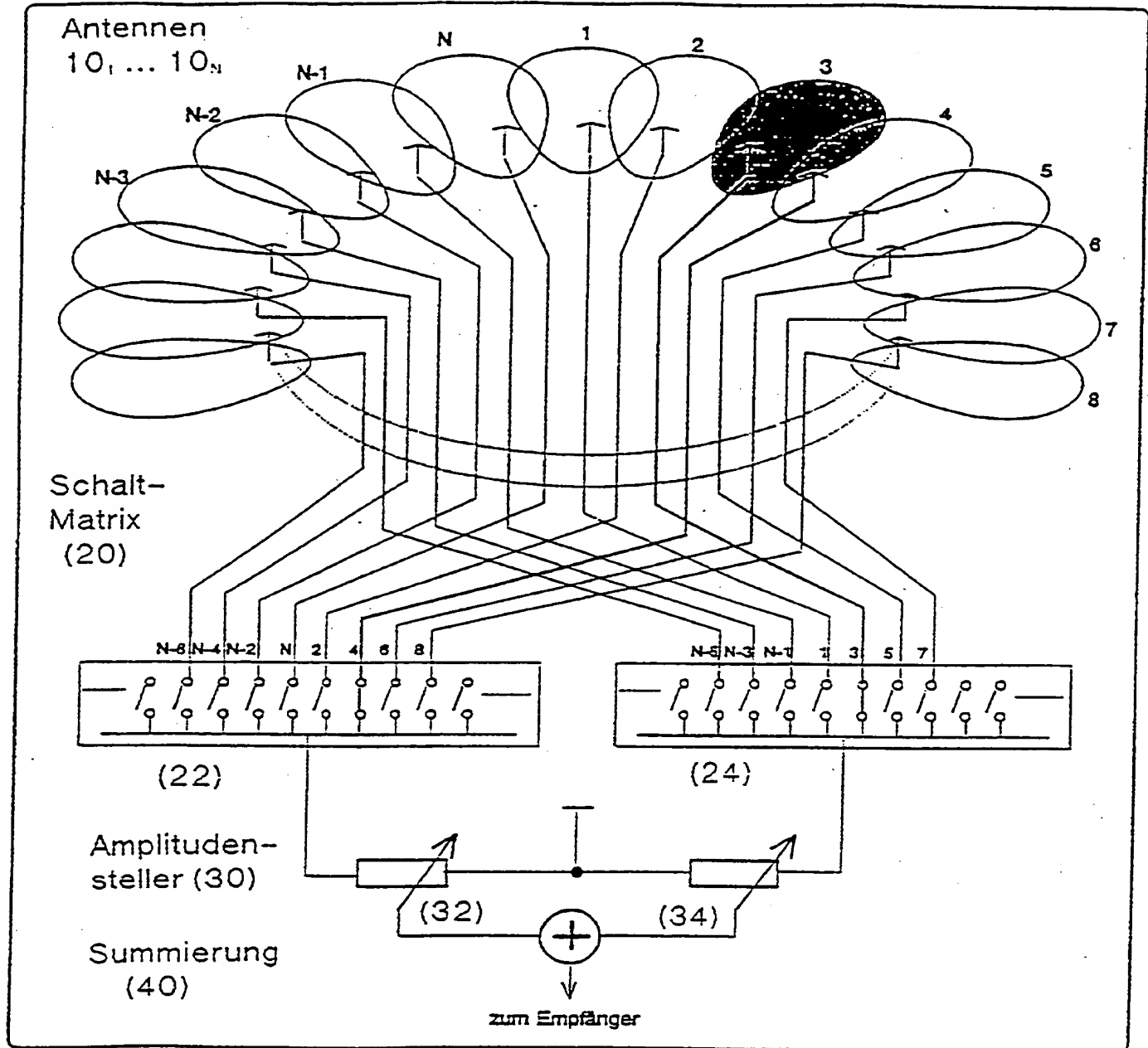


Fig. 1

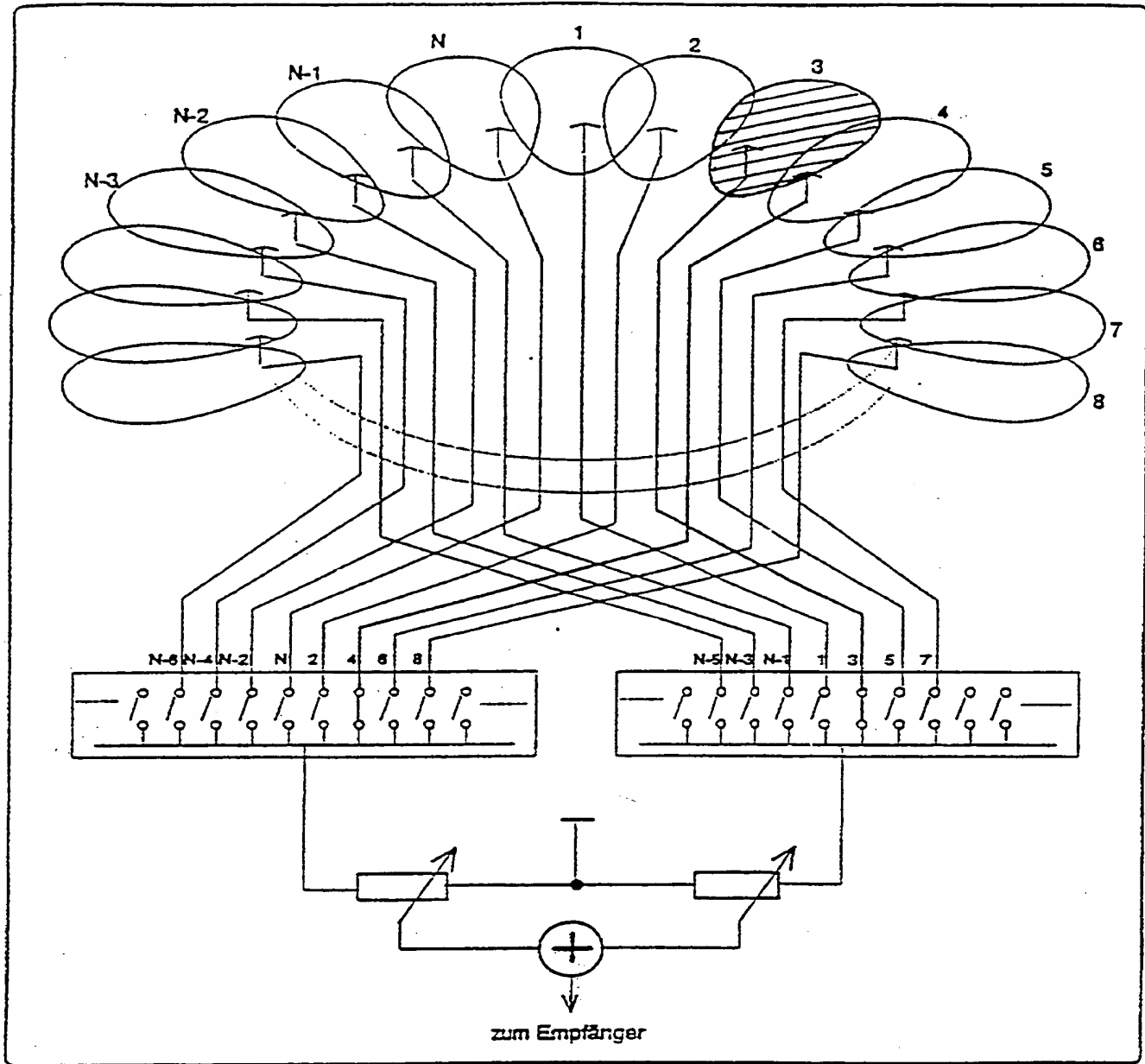


Fig. 2a

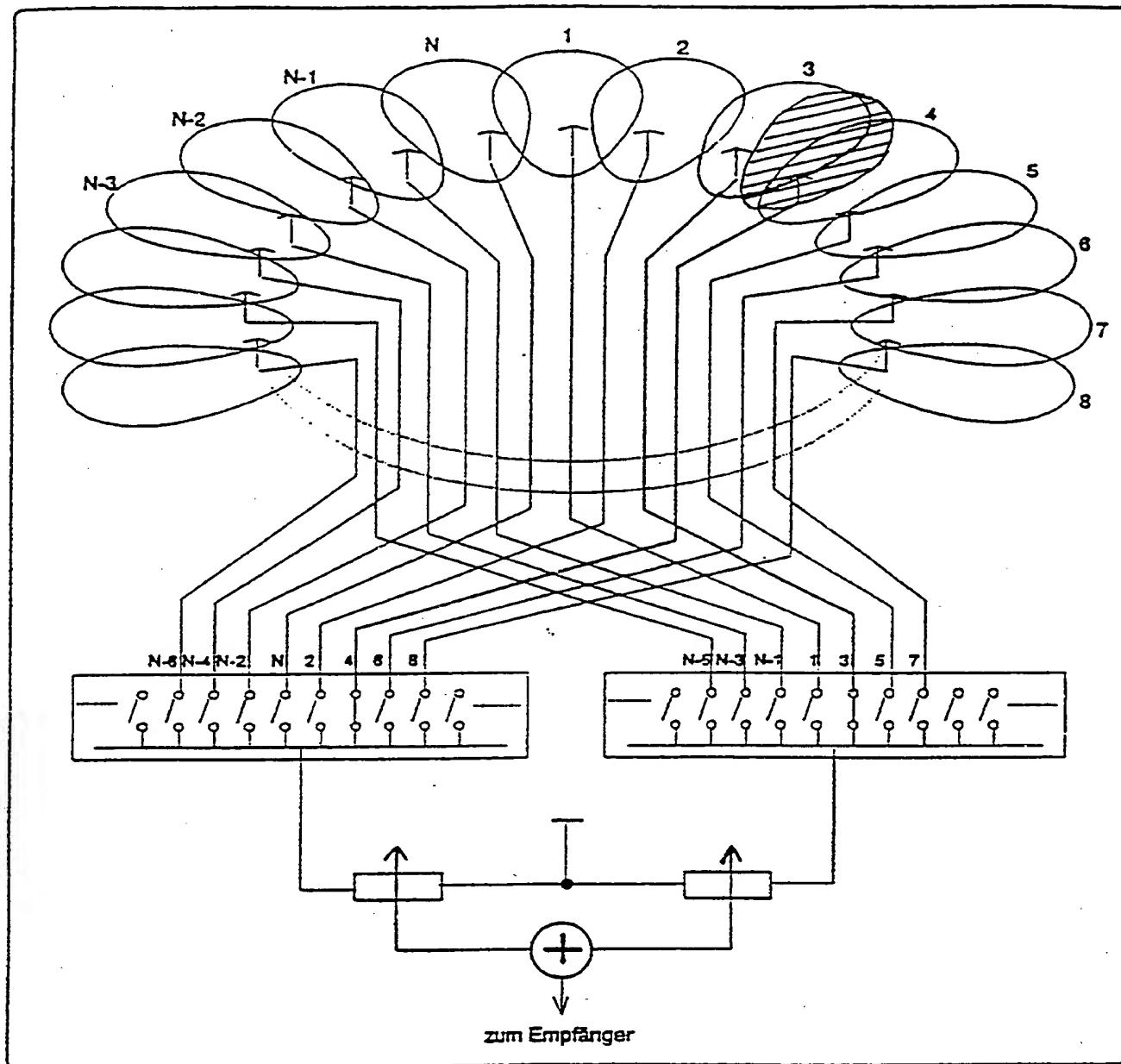


Fig. 2b

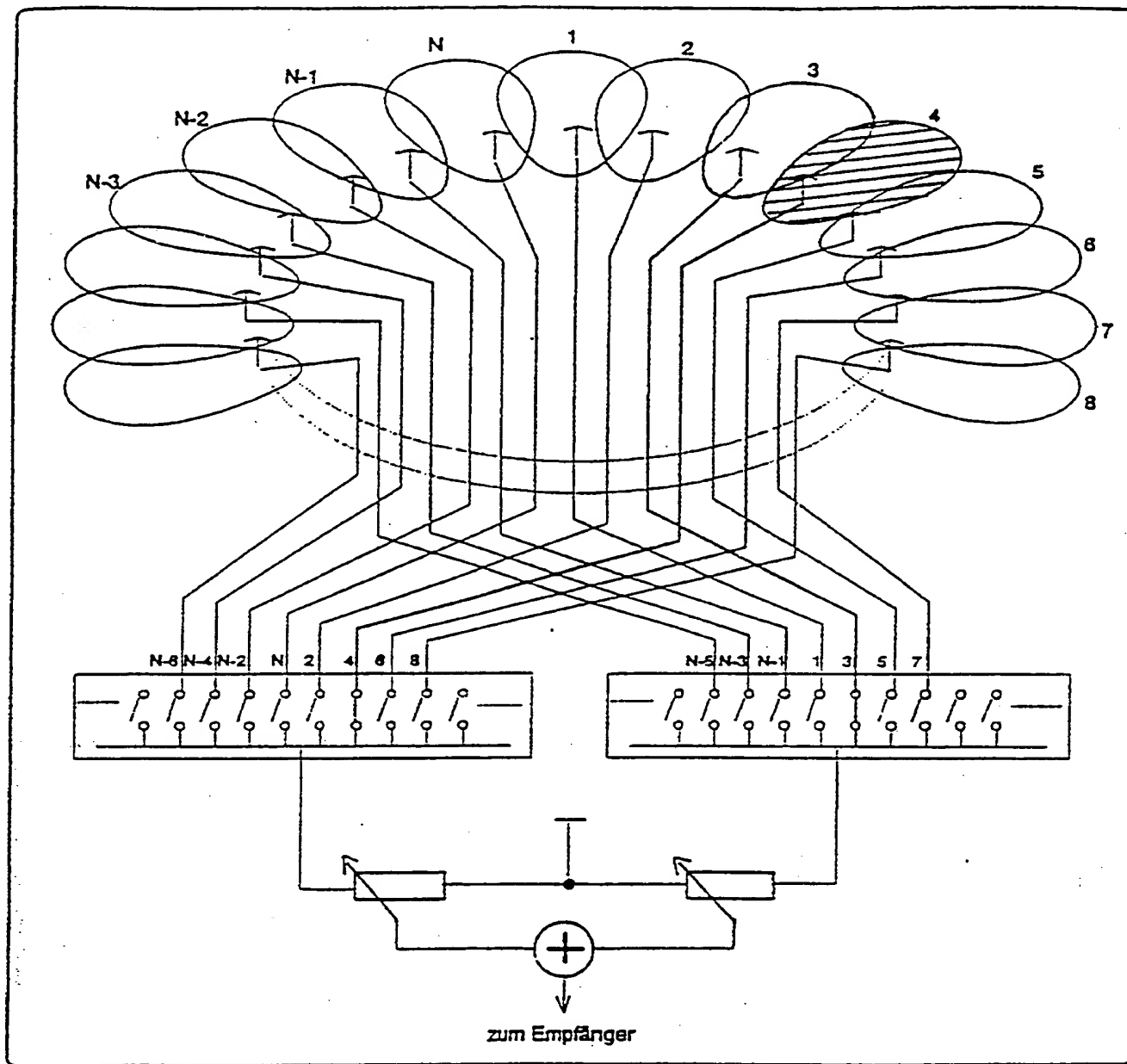


Fig. 2c

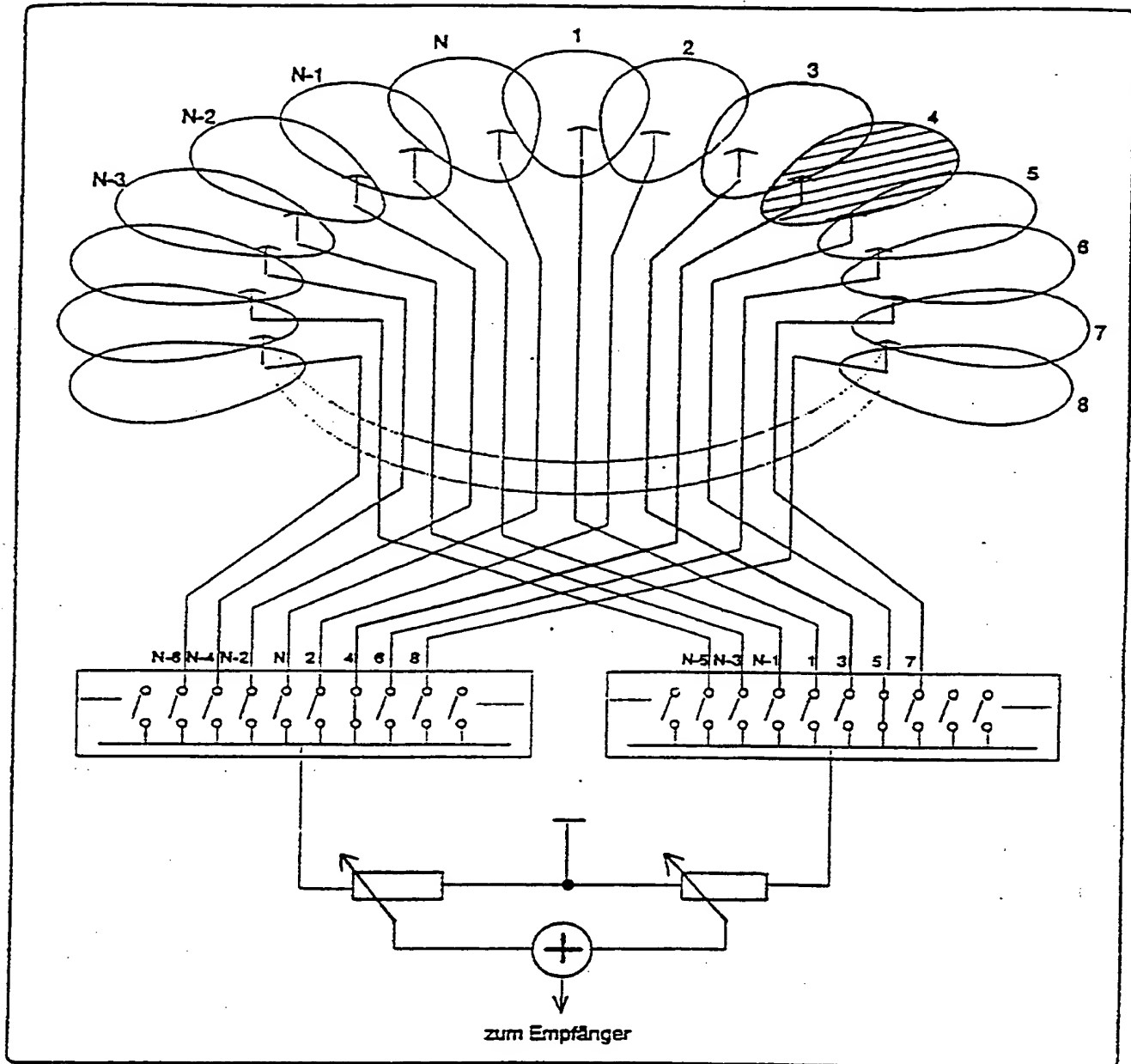


Fig. 2d

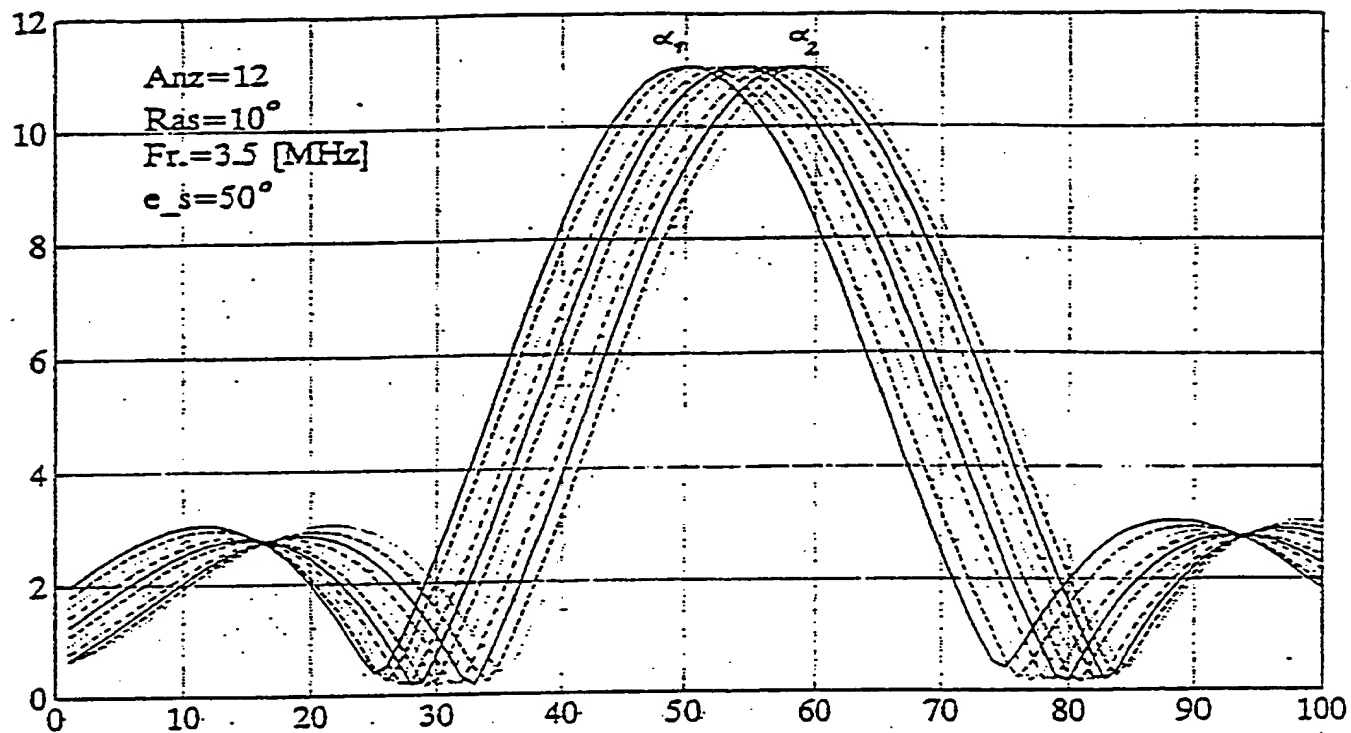


Fig. 3